

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001194692 A**(43) Date of publication of application: **19.07.01**

(51) Int. Cl.

G02F 1/365
G02F 1/025
G02F 2/02
H01S 5/06
H01S 5/50

(21) Application number: **2000001989**(22) Date of filing: **07.01.00**(71) Applicant: **NAKANO YOSHIAKI BA
HEISHINSAITO MASUMI**(72) Inventor: **NAKANO YOSHIAKI
BA HEISHIN
SAITO MASUMI**(54) **OPTICAL WAVELENGTH CONVERSION DEVICE**

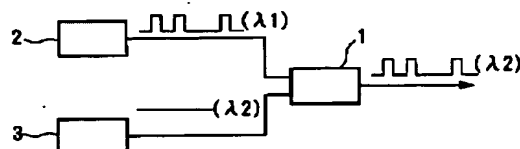
beam.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength conversion device with a simple configuration and with high practicality.

SOLUTION: When the strength (power) of a control light beam inputted from a control light beam input part 2 in a resonance type semiconductor light amplifier 1 becomes high, the strength of a controlled light beam outputted from the semiconductor light amplifier 1 also becomes high. On the contrary, when the strength of the control light beam becomes low, the strength of the controlled light beam also becomes low. Thereby, a signal can be moved from the wavelength of the control light beam to the wavelength of the controlled light beam. An inverting operation and a noninverting operation are possible by adjusting a positional relationship of the mountain of the resonance of the semiconductor light amplifier 1 and the controlled light beam in the initial state. Since a plurality of mountains of the resonance exist in the semiconductor light amplifier 1, signals can be moved in bloc in parallel to a plurality of wavelengths by using the light beam of the wavelength corresponding to each mountain as the controlled light



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-194692

(P2001-194692A)

(43)公開日 平成13年7月19日(2001.7.19)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 F 1/365		G 0 2 F 1/365	2 H 0 7 9
1/025		1/025	2 K 0 0 2
2/02		2/02	5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/06		H 0 1 S 5/06	
5/50	6 1 0	5/50	6 1 0
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)			

(21)出願番号 特願2000-1989(P2000-1989)

(22)出願日 平成12年1月7日(2000.1.7)

(71)出願人 500018387

中野 義昭

東京都世田谷区松原5-28-5

(71)出願人 500018413

馬 炳真

大韓民国 ソウル ソンブクーク ジュン
ナン-2-ードン

(71)出願人 500018402

齋藤 真澄

神奈川県横浜市中区海岸通3-13-1-
601

(74)代理人 100103137

弁理士 稲葉 滋

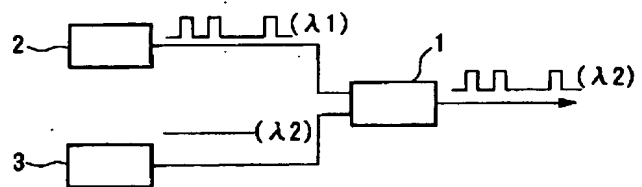
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光波長変換装置

(57)【要約】

【課題】構成が簡易で、かつ、実用性が高い光波長変換装置を提供する。

【解決手段】制御光入力部2から共振型半導体光増幅器1に入力される制御光の強度(パワー)が高くなると、半導体光増幅器1から出力される被制御光の強度も高くなる。逆に、制御光の強度が低くなると、被制御光の強度も低くなる。これにより、制御光の波長から被制御光の波長に信号を移し替えることができる。初期状態における、半導体光増幅器1の共振の山と被制御光との位置関係を調整することにより、反転動作も非反転動作も可能である。半導体光増幅器1に共振の山が複数存在するので、それぞれに対応する波長の光を被制御光とすることで、複数の波長へ、信号を、並列で一括して移し替えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振型の半導体光増幅器と、制御光入力部と、被制御光入力部とを備え、前記半導体光増幅器は、入力光に対する共振特性における複数の山および／または谷を有しており、前記制御光入力部は、制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっており、前記被制御光入力部は、「前記制御光の入力によって、前記共振特性による利得が影響される帯域にある波長を有する被制御光」を前記半導体光増幅器に入力する構成となっていることを特徴とする光波長変換装置。

【請求項2】 前記共振型の半導体光増幅器は、ファブリペロー型のものであることを特徴とする請求項1記載の光波長変換装置。

【請求項3】 前記共振型の半導体光増幅器は、サンプルドグレーティング型のものであることを特徴とする請求項1記載の光波長変換装置。

【請求項4】 前記被制御光入力部は、複数の波長における被制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項5】 前記半導体光増幅器の端面には、無反射コーティングが施されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項6】 前記無反射コーティングによる、前記半導体光増幅器の端面における反射量は、入射量に対して 10^{-2} 倍以上であることを特徴とする請求項5記載の光波長変換装置。

【請求項7】 前記制御光は、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項8】 前記制御光は、前記半導体光増幅器における吸収帯域における波長を有するものであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項9】 前記被制御光は、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものであることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項10】 前記被制御光と前記共振特性における山または谷またはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光が反転または非反転のいずれかで出力されることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換装置。

【請求項11】 請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換器を用い、前記被制御光と前記共振特性における山または谷またはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光を反転または非反転のいずれかで出力させることを特徴とする光波長変換方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長変換装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の光波長変換技術としては、XGM (Cross Gain Modulation)、XPM (Cross Phase Modulation)、およびFWM (Four Wave Mixing) が知られている。XGMは、半導体光増幅器に入力する制御光（ポンプ光）のパワーを増減することで、半導体光増幅器の利得を増減させ、これによって、被制御光（プローブ光）のオン・オフを切り替えている。このようにして、制御光の波長から被制御光の波長に信号を移し替えるという波長変換を行うことができる。しかしながら、XGMにおいては、その動作原理から、インバータ動作（制御光が強いとき被制御光は弱くなる動作）しか行えない。もちろん縦続で使用すれば結果として非反転の出力となるが、途中で増幅が必要であり、効率が悪く、装置は大型化してしまう。さらに、オフ状態のパワーがオン状態の0.8倍程度であり、消光比が小さいという問題がある。また、インバータ動作をしてしまうと、制御光に含まれた信号の負チャープが正チャープへ変化することになる。したがって、反転した信号をそのまま伝送しようとしても、分散が大きくて伝送距離が短くなってしまいう問題もある。さらには、XGMでは、使用する半導体光増幅器の両端面において無反射コーティングを非常に精密に行わなければならない。例えば、現状のXGM用半導体光増幅器では、その端面は 10^{-5} 程度と低い反射率にされている。この加工にはかなりのコストを要する。さらに、XGMでは、制御光として高パワーのものが必要であるという問題もある。

【0003】XPMにおいては、XGMの問題点は解消しうが、部品点数が多くて装置が大型化しやすく、また、高価であるという問題がある。

【0004】FWMは、強いパワーの制御光を光ファイバや半導体光増幅器に送り込むことで生じる、被制御光のイメージ波長（高次非線形効果によって生じる波長）に信号を移し替えるものである。しかしながら、このイメージ波長のパワーは非常に小さく、したがって、S/Nが劣化してしまい、実用性に欠ける。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、構成が簡易で、かつ、実用性が高い光波長変換装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る光波長変換装置は、共振型の半導体光増幅器と、制御光入力部と、被制御光入力部とを備え、前記半導体光増幅器は、入力光に対する共振特性における複数の山および／または谷を有しており、前記制御光入力部は、制御光を前記

半導体光増幅器に入力する構成となっており、前記被制御光入力部は、前記制御光の入力によって、前記共振特性による利得が影響される帯域にある波長を有する被制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっている。ここで、「入力光に対する共振特性」とは、半導体光増幅器を透過モードで使用したときの共振特性と、反射モードで使用したときの共振特性とを含む意味である。この発明では、制御光の入力によって、被制御光に対する共振特性による利得が影響されるので、制御光のオン・オフにより被制御光のオン・オフを制御することができる。ここで、「共振特性による利得」とは、半導体の媒質利得が共振特性により変調を受けたものであって、共振の山に波長が位置すれば大きくなり、共振の谷に波長が位置すれば小さくなる利得のことである。ここで「利得」とは、対数での0または負の利得（つまり増幅率1以下）を含むものとする。

【0007】請求項2に係る光波長変換装置では、請求項1記載の光波長変換装置において、前記共振型の半導体光増幅器をファブリペロー型のものとした。

【0008】請求項3に係る光波長変換装置では、請求項1記載の光波長変換装置において、前記共振型の半導体光増幅器をサンプルドグレーティング型のものとした。

【0009】請求項4に係る光波長変換装置は、請求項1～3のいずれかに記載の光波長変換装置において、前記被制御光入力部は、複数の波長における被制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっている。

【0010】請求項5に係る光波長変換装置は、請求項1～4のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記半導体光増幅器の端面には、無反射コーティングが施されている。

【0011】請求項6に係る光波長変換装置は、請求項5記載の光波長変換装置において、前記無反射コーティングによる、前記半導体光増幅器の端面における反射量を、入射量に対して 10^{-2} 倍以上とした。

【0012】請求項7に係る光波長変換装置は、請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記制御光を、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものとした。

【0013】請求項8に係る光波長変換装置は、請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記制御光を、前記半導体光増幅器における吸収帯域における波長を有するものとした。

【0014】請求項9に係る光波長変換装置は、請求項1～8のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記被制御光を、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものとした。

【0015】請求項10に係る光波長変換装置は、請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記被制御光と前記共振特性における山または谷ま

たはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光が反転または非反転のいずれかで出力される構成となっている。

【0016】請求項11に係る光波長変換方法は、請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換器を用いたものであって、前記被制御光と前記共振特性における山または谷またはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光を反転または非反転のいずれかで出力させる構成となっている。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の一実施形態に係る光波長変換装置について、添付の図面を参照しながら以下に説明する。この光波長変換器は、図1にブロック図で示したように、共振型半導体光増幅器（以下原則として「半導体光増幅器」と称する。）1と、制御光入力部2と、被制御光入力部3とを主体として備えている。

【0018】半導体光増幅器1としては、通常のレーザ用半導体共振器として動作しうる公知の構成のものでよい。この実施形態では、ファブリペロー型のものを用いている。本実施形態における半導体光増幅器1の一例を図2および図3に示す。この増幅器1の長さ L_1 は、この例では $500\mu\text{m}$ に設定されている。この長さ L_1 は、後述する図5における共振の山（または谷）の間隔と、例えばITUがWDM（波長多重）通信のために定めたグリッド間隔（波長間隔： 0.8nm ）とがなるべく一致するように設計することが望ましい。変換後の信号を載せるために扱える波長の数が多くなるからである。そのための設計の一例としては、 $L_1 = 460\mu\text{m}$ 程度が妥当という計算結果を得ている。ここで、長さ L_1 については、長さ $\pm 5\mu\text{m}$ が、共振波長における1%の誤差に相当する。このため、長さ L_1 に要求される精度は低くて良い。半導体光増幅器1は、周知のものと同様に、導波路11を備えている。導波路11の幅 L_2 （図2参照）は、この実施形態では、 $2\mu\text{m}$ とされている。また、図3に示される活性層の厚さ L_3 は、 $0.2\mu\text{m}$ とされている。

【0019】また、半導体光増幅器の両端面12には、無反射コーティングが施されている。この無反射コーティングによる、半導体光増幅器1の端面12における反射量は、入射量に対して 10^{-2} 倍以上の（つまりこれより反射量が多い）構成となっている。具体的には、この実施形態では、 10^{-2} 倍程度となっている。なお、単に半導体結晶を劈開した状態での反射量は、30%程度であり、この反射量でも原理的には使用可能である。半導体光増幅器1における他の構成は従来のものと同様なのでこれ以上の説明は省略する。

【0020】制御光入力部2は、制御光を出力して、光ファイバなど任意の導波手段を介して半導体光増幅器1に入力できる構成となっている。この実施形態では、制御光として、半導体光増幅器1における利得帯域内の波

長の光が用いられている。

【0021】ここで、半導体光増幅器における利得帯域と吸収帯域について簡単に説明する。光の周波数（波長の逆数に比例） ν と利得との間には、図4に示す関係がある。図4の横軸はエネルギー $h\nu$ で表しており、 h はプランク定数である。入力された光の波長が長い（周波数が小さい）と利得に寄与せず、半導体にとって透明と感ずる。波長が短くなる（図中の横軸で右側に移動する）と、半導体の利得帯域となる。この帯域では、光増幅器における活性層での電子-正孔対の再結合に伴う光の誘導放出が増え、キャリア密度が減少して屈折率が増す。それに基づく動作は後述する。波長がさらに短くなると、吸収帯域となる。ここでは、光のエネルギーによって電子-正孔対を生成することになるので、キャリア密度が上昇して屈折率が減少する。

【0022】この実施形態では、制御光の具体的な波長として1.55 μ m付近のものをを用いている。これは光通信において用いられる波長であり、そのような光を得ることは公知の技術により可能である。よって、制御光入力部2の構成の詳細は説明を省略する。

【0023】被制御光入力部3は、被制御光を、光ファイバなどの任意の導波手段により、半導体光増幅器1に入力できる構成となっている。被制御光としては、前記した利得帯域内での波長（1.55 μ m付近のもの）に設定されている。制御光・被制御光の具体的な波長は、利得帯域および共振特性に応じて選択される（後述）。

【0024】つぎに、本実施形態に係る光波長変換装置の動作について説明する。まず、半導体光増幅器1（ファブリペロー型）に、レーザ発振を生じないレベルでのバイアス電流を注入しておく。この状態での波長と透過率との関係を図5に示す。周知のように、ファブリペロー型では、図示されるような共振の山が複数存在する。ここで、制御光（波長を λ_1 とする。）および被制御光（波長を λ_2 とする。）が、初期状態において共振の谷に設定されている状態を考える。また、被制御光のパワーは制御光に比べて20dB程度と小さく設定されており、被制御光のパワーによる変換動作への影響を少なくしている。初期状態では、光増幅器1からの、被制御光の出力は、その波長 λ_2 が共振の谷にあるために低レベルとなる。つぎに、制御光の入力がオン、すなわち、高レベルになったとする。すると、前記したように、利得帯域の波長を有する制御光の作用によって、活性層での電子-正孔対の再結合による誘導放出が増え、キャリア密度が減少して屈折率が増す。この機構により、図5に示す透過率スペクトルは、長波長側（図中右側）に平行移動する（図2中二点鎖線で示す。）。これは、スペクトル波形を固定して考えると、波長を示す座標が図中左側に移動しているのと等価である。この状態を拡大したものを図6に示した。この図では、説明の便宜上、波長 λ_1 と λ_2 を同じ位置に記載した。実際の用途を考

えると、 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ とするのが通常と考えられるが、これに限らない。制御光のパワーによってスペクトルが移動すると、制御光自身も共振によってその利得が増えるという正帰還を生じる。したがって、スペクトルの移動は非常に高速に行われる。制御光の波長が共振の山に達した後は、それ以上スペクトルが移動すると逆に利得は減少するため、準安定状態となってスペクトルの移動は止まる。この状態では、被制御光の波長 λ_2 は、共振の山に位置する。すると、被制御光の出力は大きくなってオン状態になる。ついで、制御光の入力がオフ、すなわち、低レベルになったとする。すると、前記した制御光の作用（屈折率増加による共振スペクトルの移動）が行われなくなり、共振スペクトルは短波長側に移動する。すなわち、波長 λ_1 の位置は、図6中右側に移動する。ここで、制御光が谷に向けて移動すると、制御光のパワーがさらに低下するという正帰還を生じる。このため、この移動も非常に高速に行われる。波長 λ_1 が谷に位置すると、それ以上移動しようとする逆利得が増加するため、準安定状態となって停止する。以上の動作によって、制御光のオン・オフ動作に伴って、被制御光のオン・オフ動作を、非反転で行わせることができる。すなわち、制御光の波長 λ_1 から被制御光の波長 λ_2 へ信号を移し替えることができる。しかも、前記した正帰還現象によって、共振スペクトルの移動は急激に行われる。したがって、被制御光の出力パワーの立ち上がり立ち下りを急峻にすることができ、波形再生を行うことが可能になるという利点もある。

【0025】さらに、図7および図8を用いて、波長変換の動作を詳しく説明する。ただし、図7および図8において測定した値は、本装置に光を入出力するためのファイバ端におけるものであり、したがって、ファイバ接続部等での損失を含んだ値である。図7の右上に%で示した数値は、共振の山（この例では1522.63nm）から制御光の波長 λ_1 がずれている量（長波長側でも短波長側でもよい）を、共振波長間隔（この例では0.52nm）で割った値である。したがって、0%であれば山に、50%近傍であれば谷に、100%に近くなれば次の山に近づいていることになる。図7のグラフの、+8.5%、+26.7%、+44.0%の曲線から判るように、制御光の波長 λ_1 が、山を通り越して谷近傍（途中の傾斜位置を含む）に設定されていれば、その入力を増すことによって、制御光自体への利得が急激に増加することになる。急激な増加は、前記した正帰還が影響している。ただし、波長 λ_1 が谷にあまりに接近したり、谷と次の山との間の位置であったりすると、利得増大までに必要な入力パワーは大きいことがわかる。制御光の入力を減少させた場合は、逆の正帰還によって、利得は急激に減少することになる。このような急峻な変化を利用すると、共振スペクトルの移動が急激となり、前記したように、被制御光の波形再生に有用とな

る。また、このグラフの+0%、+80.6%の曲線からわかるように、波長 λ_1 が初期状態で共振の山近傍に位置していると、「入力が増せば利得は下がるという比例関係になるが、急激な利得変化は生じない」ことが判る。

【0026】について、制御光と被制御光とを半導体増幅器1に入力し、制御光入力と被制御光出力との関係を測定した。その結果を図8に示す。設定としては、この例では、制御光の波長 λ_1 を、共振波長1522.63nmの近傍、被制御光の波長 λ_2 を共振波長1532.75nmの近傍とした。両者の間隔は共振の山どうしの間隔の整数倍（この例では2倍）に一致させた。また、波長 λ_1 および λ_2 と、これに近接した各共振波長とのずれ量は等しくした。したがって、波長 λ_1 が共振の谷に位置すれば波長 λ_2 も谷に位置し、波長 λ_1 が共振の山に位置すれば波長 λ_2 も山に位置することになる。このグラフからは、図8の特性から予測される通り、波長 $\lambda_1 \cdot \lambda_2$ が共振の谷の近傍（共振特性において、谷に至る途中の傾斜位置を含む。）に位置しているときは、制御光入力がオン（高レベル）になれば被制御光出力もオンになることが判る。また、波長 $\lambda_1 \cdot \lambda_2$ が共振の山の近傍に位置しているときは、制御光入力がオンになると被制御光出力は減少してオフ（低レベル）になることが判る。ただし、波長 $\lambda_1 \cdot \lambda_2$ が共振の山近傍にあるときは、出力特性がなだらかであり、急峻に変化する波形は得にくいことが判る。この特性は、次のように説明できる。前提として、共振スペクトルの移動は、制御光のオン・オフによって制御されており、被制御光には影響されない。被制御光パワーを小さく設定したからである。そうすると、制御光入力に対する動作が正帰還を生じるものであれば、被制御光に対して、基本的には、急激な変化を与えることになる。これに対して、制御光入力の波長 λ_1 を共振の山近傍に置くと、制御光入力が増加して共振スペクトルが長波長側に移動しても、逆に共振による利得は減少するので、正帰還とならず、共振特性の変化がやや緩慢になる。したがって、制御光入力の波長 λ_1 を共振の山近傍以外に置くことで、制御光による正帰還動作（すなわち、被制御光への急峻なオン・オフ特性）を期待できる。もちろん、共振の山の長波長側に隣接する谷とこの山との間（傾斜位置）に波長 λ_1 を位置させておけば、小さな制御光入力でも正帰還を生じうる。しかし、共振の谷近傍に波長 λ_1 を位置させても正帰還を生じ得るし、谷をやや越えて次の山（長波長側）に接近しても、制御光の入力パワーが大きければ、正帰還領域まで波長 λ_1 が相対移動しうるので、正帰還として動作しうる。一方、被制御光については、制御光入力（オン状態）によって移動した共振スペクトルに対して被制御光が共振の山近傍（出力大）に位置するか谷近傍（出力小）に位置するかによって、オンになるかオフになるかが決まる。このような組み合わせを考慮して、反

転・非反転のどちらで動作させるか、立ち上がりを急峻にするかどうか、制御光入力パワー等を設定すれば良い。一例としては、反転動作をさせたいときは、制御光の波長 λ_1 を共振の谷近傍、被制御光の波長 λ_2 を共振の山近傍に位置させればよい。非反転の場合には、制御光の波長 λ_1 と被制御光の波長 λ_2 とを共に共振の谷近傍に位置させればよい。さらに例をあげると、制御光の波長 λ_1 と被制御光の波長 λ_2 とが共振の山近傍に設定したときは反転動作となる。また、制御光の波長 λ_1 を共振の山、被制御光の波長 λ_2 を共振の谷に設定したときは非反転動作となる。また、図8によれば、波長 λ_1 の位置を適切に設定すれば、制御光として0.1mW（-10dBm）程度の入力があれば、波長変換装置として動作可能であることが推測できる。

【0027】さらに、図9に示される実験系を用いて、実際の高速動作特性を測定した。この実験系においては、本実施形態において説明した部分については同一符号を付した。他の構成部分は周知技術なので説明を省略する。ここでは、反転動作と非反転動作とを確認した。実験条件としては、基本的には、図8に示した特性を得た条件と同じであり、制御光入力として、オン・オフされたもの（すなわち、高レベルと低レベルとを有するパルス波形）を使用してある。さらに具体的には、反転動作については、制御光の波長を1522.64nm、被制御光の波長を1543.59nmとした。いずれも、共振特性の山から、共振間隔の10%だけ長波長側にずらしてある。これにより、制御光および被制御光の波長は、共振の山近傍に位置することになる。非反転動作については、制御光の波長を1544.74nm、被制御光の波長を1535.70nmとした。いずれも、共振特性の山から、共振間隔の36%だけ長波長側へずらしてある。これにより、制御光および被制御光の波長は、共振の谷近傍に位置することになる。図10では反転動作が確認でき、図11では非反転動作が確認できる。

【0028】本実施形態の装置によれば、半導体光増幅器とそれへの制御光・被制御光の入力装置という簡単な構成により、波長 λ_1 の制御光から波長 λ_2 の被制御光に信号を移し替えることができるという利点がある。また、本実施形態のような装置構成においては、光ファイバでない導波路を装置内の光伝送のために用いることもでき、したがって、集積化も容易である。

【0029】また、本実施形態の装置によれば、制御光のオン・オフに伴う被制御光のオン・オフ動作は高速であり、例えば10Gbpsオーダで動作させることも、現在の技術で十分可能と考えられる。

【0030】さらに、本実施形態の装置では、部品点数が少ないために、コストを低く抑えることができ、さらに、故障要因も少ないという利点がある。

【0031】また、本実施形態のように、ファブリペロ一型半導体光増幅器1を用いた場合には、共振の山が複

数存在するために、被制御光の波長 λ_2 としては、複数のものを同時に扱うことができる。したがって、WDMにおいて扱われる複数波長に対して並列に（同時に）信号を移し替えることができ、WDM通信において有用性が高いという利点がある。例えば、複数波長を用いたマルチキャストまたはブロードキャストのためにこの装置を利用することが考えられる。また、ファブリペロー型でなくとも、例えばサンプルドグレーティング型のように、共振の山または谷を複数形成できれば、こうした利点を得ることができる。

【0032】また、半導体光増幅器の両端面には、無反射コーティングが施されているので、半導体光増幅器1がレーザ発振するためのしきい値を上げることができる。すると、レーザ発振せずに光増幅器として使用できるバイアス電流の範囲が広がるという利点がある。しかしながら、XGMと異なり、高精度な無反射コーティングは不要であり、 10^{-2} 以上の（つまりこれより反射量が多い）反射量でも十分動作することができる。したがって、製品コストを低く抑えることができる。

【0033】加えて、従来のXGMと異なり、被制御光出力におけるオン状態とオフ状態との差を20dB程度と大きく取ることも理論上十分可能と考えられ、伝送された光の波形再生（regeneration）も可能となる。

【0034】さらに、動作に必要な制御光のパワーとしては、0.1mWオーダとすることが可能であり、XGMの場合に比べてかなり低く抑えることができる。

【0035】また、制御光や被制御光として使用する波長としては、光ファイバ通信用の波長帯域のものをを用いることができるので、その波長を得るための機器は一般的なもので済み、装置作製が容易であるとともに、通信路を通ってきた光で直接に動作をさせることも可能になるという利点がある。

【0036】また、被制御光の波長を、共振波形に対して予め適切な位置に設定しておけば、反転動作も非反転動作も可能となる。

【0037】さらに、図1においては、制御光入力部2と被制御光入力部3とを分割して記載したが、これは、機能に着目した記載に過ぎず、実際の機構としては、一つの部品ないし装置にこれらの機能を行わせるものであってもよく、集積化されてもよい。

【0038】なお、本実施形態の光波長変換装置においては、半導体光増幅器1を透過モードで使用することを前提として説明した。しかしながら、半導体光増幅器1を反射モード（透過光でなく、反射光を出力として扱う方法）で使用することも可能である。この場合、透過と反射とを読み替えるだけで、前記した説明がそのまま妥当する。

【0039】また、本実施形態では、制御光の波長帯域を、半導体光増幅器1の利得帯域のものとしたが、吸収帯域または透明帯域のものとすることも可能である。制

御光の波長を吸収帯域内とした場合には、制御光を入力することにより、半導体光増幅器1の共振特性は、前記とは逆（すなわち短波長側）に移動することになる。この動作を前提として被制御光の波長の初期位置（共振特性に対する位置）を設定すれば、前記と同様にオン・オフ動作（すなわち波長変換動作）が可能である。制御光の波長を透明帯域としたときは、制御光入力に伴う共振特性の移動は、短波長方向となる。しかし、この場合は、制御光を大パワーとしなければならない。

【0040】さらに、本実施形態では、被制御光の波長帯域を、半導体光増幅器1の利得帯域としたが、透明帯域であってもよい。ただし、この場合は、透明帯域における共振特性の、山と谷との差が小さいために、消光比が小さくなる。要は、被制御光としては、制御光の入力によって、共振特性による利得（ここでは対数での負の利得）が影響されるものであればよい。

【0041】本実施形態の記載は単なる実施の一例に過ぎず、本発明に必須の構成を示したものではない。各部の材質や製造方法や構造は、本発明の趣旨を達成できるように構成すれば良い。

【0042】

【発明の効果】請求項1に係る光波長変換装置は、共振型の半導体光増幅器と、制御光入力部と、被制御光入力部とを備え、前記半導体光増幅器は、入力光に対する共振特性における複数の山および／または谷を有しており、前記制御光入力部は、制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっており、前記被制御光入力部は、前記制御光の入力によって、前記共振特性による利得が影響される帯域にある波長を有する被制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっているので、構成が簡易で、かつ、実用性が高い光波長変換装置を提供することができる。また、複数波長に対して並列に信号を移し替えることができる。

【0043】請求項2に係る光波長変換装置では、請求項1記載の光波長変換装置において、前記共振型の半導体光増幅器をファブリペロー型のものとしたので、共振特性において複数の山を容易に得ることができる。

【0044】請求項3に係る光波長変換装置では、請求項1記載の光波長変換装置において、前記共振型の半導体光増幅器をサンプルドグレーティング型のものとしたので、請求項2と同様の効果を有する。

【0045】請求項4に係る光波長変換装置は、請求項1～3のいずれかに記載の光波長変換装置において、前記被制御光入力部は、複数の波長における被制御光を前記半導体光増幅器に入力する構成となっているので、前記半導体増幅器における共振特性での異なる山または谷に前記波長をそれぞれ位置させることにより、複数波長に対して並列に信号を移し替えることができる。

【0046】請求項5に係る光波長変換装置は、請求項1～4のいずれか1項記載の光波長変換装置において、

前記半導体光増幅器の端面には、無反射コーティングが施されているので、半導体光増幅器がレーザ発振するためのしきい値を上げることができる。すると、レーザ発振せずに光増幅器として使用できるバイアス電流の範囲を広げることができる。

【0047】請求項6に係る光波長変換装置は、請求項5記載の光波長変換装置において、前記無反射コーティングによる、前記半導体光増幅器の端面における反射量を、入射量に対して 10^{-2} 倍以上としたので、共振ビークの高さ（利得）を十分高くすることができ、したがって、高い消光比を得ることができるという効果がある。

【0048】請求項7に係る光波長変換装置は、請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記制御光を、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものとしたので、制御光パワーが低くても動作可能である。

【0049】請求項8に係る光波長変換装置は、請求項1～6のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記制御光を、前記半導体光増幅器における吸収帯域における波長を有するものとしたので、請求項7と同様の効果を有する。

【0050】請求項9に係る光波長変換装置は、請求項1～8のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記被制御光を、前記半導体光増幅器における利得帯域における波長を有するものとしたので、高い消光比を得ることができるという効果がある。

【0051】請求項10に係る光波長変換装置は、請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換装置において、前記被制御光と前記共振特性における山または谷またはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光が反転または非反転のいずれかで出力される構成となっているので、波長変換動作において、反転または非反転を行うことができる。

【0052】請求項11に係る光波長変換方法は、請求項1～9のいずれか1項記載の光波長変換装置を用いたも

のであって、前記被制御光と前記共振特性における山または谷またはその中間部分との位置関係により、制御光に対して被制御光を反転または非反転のいずれかで出力させる構成となっているので、請求項10と同様の効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光波長変換装置の概要を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る光波長変換装置に用いる半導体光増幅器を平面視した状態での模式的な説明図である。

【図3】図2のA-A線に沿う、模式的な拡大横断面図である。

【図4】半導体光増幅器における利得と入射光エネルギーとの関係を示す説明図である。

【図5】ファブリペロー型半導体光増幅器における、波長と透過率との関係を示す説明図である。

【図6】図5の一部分を拡大して模式的に示す説明図である。

【図7】本実施形態における制御光の入力パワーと半導体光増幅器の利得との関係を示す説明図である。

【図8】本実施形態における制御光の入力パワーと半導体光増幅器からの被制御光の出力との関係を示す説明図である。

【図9】図10および図11に示される高速動作特性データを取得するための実験系を概略的に示す説明図である。

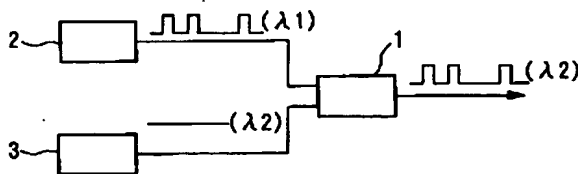
【図10】本実施形態の光波長変換装置を用いた反転入出力特性の一例を示すグラフである。

【図11】本実施形態の光波長変換装置を用いた非反転入出力特性の一例を示すグラフである。

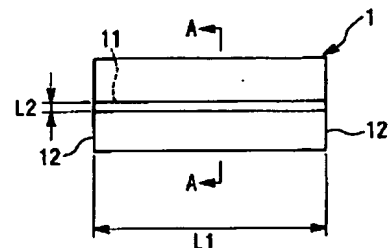
【符号の説明】

- 1 半導体光増幅器
- 2 制御光入力部
- 3 被制御光入力部
- 12 半導体光増幅器の端面

【図1】



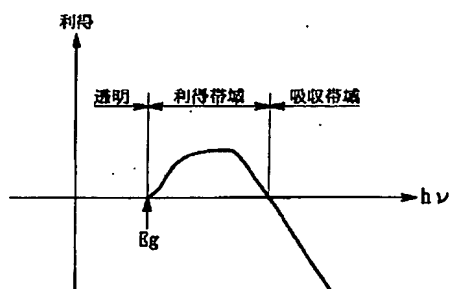
【図2】



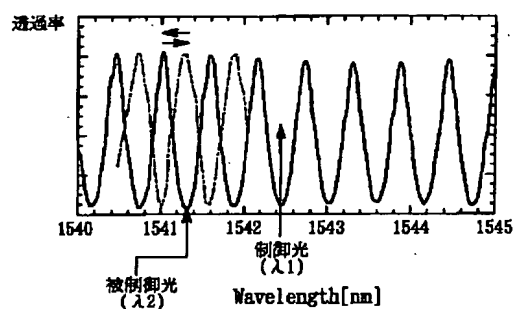
【図3】



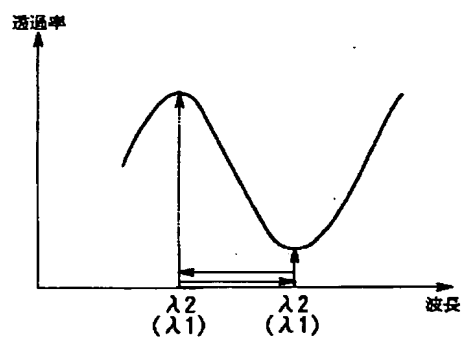
【図4】



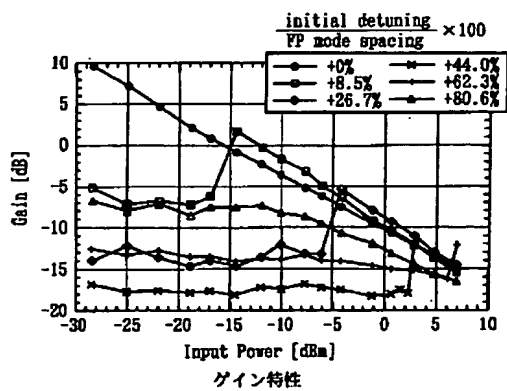
【図5】



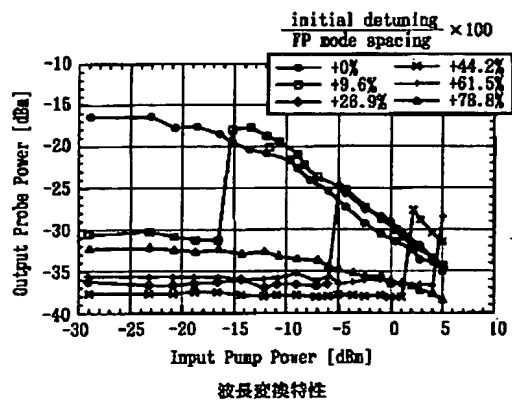
【図6】



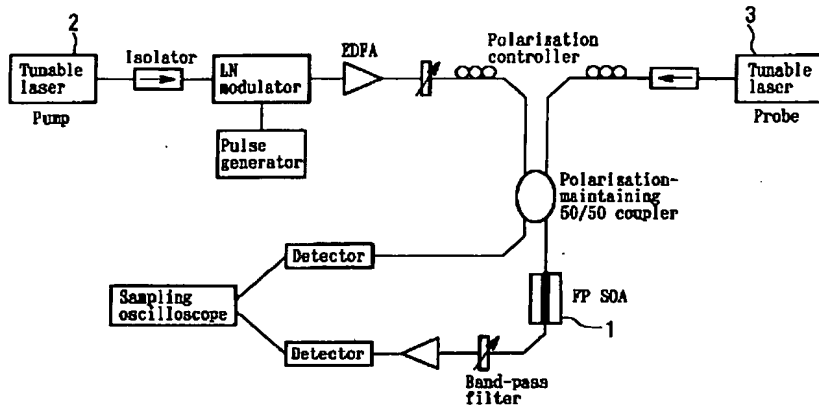
【図7】



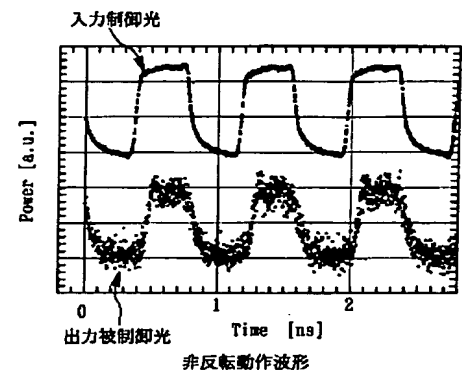
【図8】



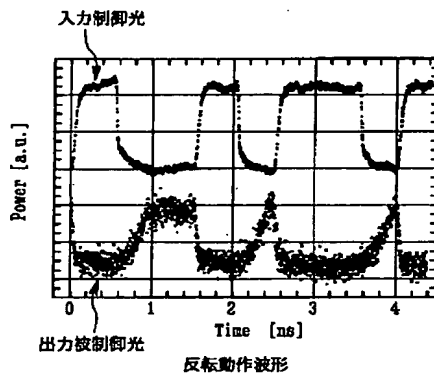
【図9】



【図11】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 中野 義昭
東京都世田谷区松原 5-28-5
(72)発明者 馬 炳真
大韓民国 ソウル ソンブクーク ジュン
ナン-2-ードン

(72)発明者 齋藤 真澄
神奈川県横浜市中区海岸通 3-13-1-
601
Fターム(参考) 2H079 AA08 BA04 CA09 DA16 EA07
EA08 HA11
2K002 AB12 BA02 CA13 EA28 HA01
5F073 AA13 AA62 AA63 AA83 BA01
EA07 EA29